

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 588**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/30** (2006.01)

**C02F 3/12** (2006.01)

**C02F 1/20** (2006.01)

**B01D 21/02** (2006.01)

**C02F 101/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2013 PCT/PL2013/000144**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO14077711**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2013 E 13803290 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2920123**

54 Título: **Instalación y método para el tratamiento de aguas residuales**

30 Prioridad:

**16.11.2012 PL 40165012**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**10.10.2018**

73 Titular/es:

**GOLCZ, ANDRZEJ (100.0%)**

**ul. Robotnicza 55/10**

**82-300 Elblag, PL**

72 Inventor/es:

**GOLCZ, ANDRZEJ**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 685 588 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Instalación y método para el tratamiento de aguas residuales

El objeto de la invención es proporcionar un método para el tratamiento de aguas residuales en un sistema de flujo, y una planta para el tratamiento de aguas residuales, en particular para un requisito de reducción del alto nivel de compuestos de nitrato biogénicos.

En los métodos conocidos de tratamiento de aguas residuales, que consisten en el uso de lodo activo, la suspensión del lodo activo en una mezcla con aguas residuales tratadas se mantiene al mezclar los contenidos de las cámaras de proceso y luego la mezcla se alimenta a un tanque de sedimentación secundaria, donde el lodo se deposita y el líquido decantado, que es agua residual purificada, se alimenta a un tanque colector. El depósito precipitado se usa de nuevo en el proceso de tratamiento. En tales procesos, la concentración del lodo activo en las cámaras de tratamiento se mantiene a un nivel de  $3,5 \text{ kg/m}^3$ , y esto da como resultado un volumen considerable de la planta respectiva.

A partir de la memoria descriptiva de la patente polaca 172080, se conoce un método de tratamiento de aguas residuales, en donde el proceso de purificación se lleva a cabo de forma consecutiva dentro de una cámara de desfosfatización de aguas residuales, una cámara de desnitrificación de aguas residuales, y luego una cámara de nitrificación de aguas residuales, con el uso de una recirculación interna repetitiva de retorno de las aguas residuales nitrificadas de la cámara de nitrificación aireada para la etapa de desnitrificación, como un resultado de lo cual, el lodo activo se somete varias veces a procesos alternos de desnitrificación y nitrificación. De este modo, los lodos activos acceden alternativamente a todas las clases de carbono presentes en las aguas residuales, ya sea inmediatamente disponibles a medianamente disponibles. Es natural que los lodos activos sean más propensos a usar las formas de carbono más disponibles, y por lo tanto en el efluente para el curso del proceso adicional, permanecen principalmente formas de carbono escasamente disponibles para la vida. Con dicha alternancia de flujo, la velocidad del flujo a través de las cámaras individuales es alta, y, en las cámaras de purificación iniciales, las formas de carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible son abundantes y se encuentran accesibles sin restricciones para el lodo. El efluente de las aguas residuales de las cámaras de aireación se lleva a una cámara de succión de una torre de desgasificación al vacío, luego se somete a desgasificación al vacío y se dirige a un tanque de sedimentación secundaria. El depósito precipitado en el tanque de sedimentación se reutiliza en el proceso de purificación y se dirige al comienzo del proceso de purificación, ya que mantiene su capacidad para purificar cantidades de aguas residuales recién alimentadas al comienzo del proceso de purificación. El líquido decantado, que es agua residual purificada, se dirige a un tanque de recolección como se muestra en la Figura 1, que ilustra una planta de tratamiento de aguas residuales según la especificación de la patente polaca anteriormente citada.

En este proceso, la purificación se puede realizar a la concentración real del lodo de  $6,5$  a  $7,5 \text{ kg}$  de masa seca/ $\text{m}^3$ , con una disminución considerable de la capacidad cúbica de las cámaras de purificación y con un aumento de la intensidad del proceso con respecto a las oportunidades prácticas existente hasta ahora, y esto permite alcanzar un nuevo nivel más alto en este campo de la técnica, así como también ofrece nuevas oportunidades para su desarrollo técnico.

Típicamente, ocurre un fenómeno de desnitrificación intensa en las cámaras de lodos activos, y en el tanque de sedimentación secundaria, aunque los nitratos están presentes, el proceso de desnitrificación es más lento y su intensidad está limitada por la ausencia de carbono inmediatamente disponible. La ausencia de carbono adecuadamente disponible, que es un sustrato indispensable en la reacción de desnitrificación bioquímica, que consiste en la descomposición de nitratos en oxígeno y ácido nítrico, sometidos a disolución en agua subsaturada con nitrógeno gaseoso, mezclados, ocasionada por la desgasificación al vacío del lodo activo en aguas residuales que se están purificando, no da como resultado la flotación inducida por desnitrificación e hinchazón del lodo, y no impide el engrosamiento del lodo en el fondo del tanque de sedimentación, lo que es una razón para el lento curso de esta reacción de desnitrificación, que es necesaria y se desea para la función del tanque de sedimentación cuando el nitrógeno que se produce se disuelve en una solución acuosa subsaturada.

El crecimiento de la población, la urbanización y la industrialización del mundo inducen el aumento de las cantidades de aguas residuales que transportan contaminación biogénica, en particular nitrógeno, y que ocasionan daños al medio ambiente natural debido a la intensa destrucción del mismo por la eutrofización, que consiste en la floración de algas acuáticas en los receptores de aguas superficiales que son el sitio de descarga de las aguas residuales purificadas. La prevención de este fenómeno requiere el uso de métodos complejos para el tratamiento de aguas residuales, muy costosos y poco confiables desde el punto de vista operativo, así como también dificultades considerables en el funcionamiento operativo para las condiciones requeridas estrictas para la descarga de tales impurezas de la eutrofización.

Con respecto a lo anterior, en la solución según la solicitud polaca P 380965, una función adicional se añade al tanque de sedimentación secundaria, que consiste en realizar, dentro de su volumen, un proceso adicional intenso y de funcionamiento rápido para el tratamiento de aguas residuales, que da como resultado la eliminación de compuestos de nitrógeno por medio de la desnitrificación.

Según la solución, las aguas residuales mezcladas con lodo activo se purifican en cámaras biológicas y luego se alimentan a una cámara de succión de una torre de desgasificación al vacío, en donde la mezcla se somete a desgasificación al vacío, seguido por alimentación al tanque de sedimentación secundaria y reutilización de los depósitos recolectados en el tanque de sedimentación secundaria para la purificación secundaria de aguas residuales con eliminación de los compuestos de nitrógeno, en donde, en el volumen del tanque de sedimentación secundaria, preferiblemente en su entrada, se introduce al menos un compuesto de carbono, en particular tal que comprende carbono inmediatamente disponible para el lodo activo, y se induce una denitrificación secundaria intensiva que causa la descomposición de nitratos y la eliminación de nitrógeno del agua residual y continúa hasta el agotamiento del recurso de carbono inmediatamente disponible, y al mismo tiempo aumenta el nivel de descarga de nitrógeno del agua residual hasta un valor que permite la absorción del líquido subsaturado con  $N_2$ , activado en el proceso inducido de desnitrificación intensa del nitrógeno gaseoso, obtenido del uso de carbono inmediatamente disponible, siendo el nitrógeno gaseoso liberado como resultado de la desnitrificación del proceso residual con agotamiento de la fuente de carbono inmediatamente disponible, y además el nivel de subsaturación del líquido con nitrógeno gaseoso se mantiene para llevar a cabo el proceso de sedimentación bajo condiciones que activan el impedimento inducido por desnitrificación de la capacidad de sedimentación del lodo.

La alimentación de una fuente de carbono inmediatamente disponible al lodo activo, que de hecho se alimenta al líquido desgasificado al vacío en el flujo de entrada al tanque de sedimentación secundaria, crea una oportunidad inesperada para el uso del volumen del tanque de sedimentación secundaria y los afluentes al mismo para llevar a cabo procesos de eliminación intensa de nitrógeno biológico, en particular mediante el uso del volumen del mismo y el uso de la capacidad de la solución acuosa de bajo contenido de nitrógeno gaseoso para la desnitrificación intensa del mismo. El alcance de la desnitrificación está limitado a propósito por la cantidad de carbono inmediatamente disponible alimentado, dosificado de manera que el intenso proceso de desnitrificación utiliza sustancialmente una parte de la capacidad de subsaturación de la solución acuosa para dejar un margen de subsaturación para un rendimiento efectivo, dentro del tanque de sedimentación secundaria, el proceso de sedimentación básico, aún bajo condiciones de solución acuosa subsaturada con nitrógeno.

Sin embargo, esta solución tampoco proporciona el efecto completo del tratamiento de aguas residuales para eliminar compuestos de nitrógeno, debido al hecho de que la preparación de solución acuosa con considerable subsaturación es difícil, cuando se supone que a la temperatura del agua residual de  $22^\circ\text{C}$  la saturación de nitrógeno es de  $16\text{ g/m}^3$ , es funcionalmente posible obtener subsaturación del 40%, y luego el valor de subsaturación será de:

$$16 \times 0,4 = 6,4\text{ g/m}^3.$$

Por lo tanto, en la práctica, el alcance del uso del volumen del tanque secundario, cuando deja una subsaturación a un nivel de  $2\text{-}3\text{ g/m}^3$  en el curso de una reacción muy rápida, con la adición de una fuente externa de carbono a un nivel del consumo incompleto de subsaturación de agua con nitrógeno gaseoso, se calcula para condiciones estivales como:

$$6,4\text{ g/m}^3 - 3\text{ g/m}^3 = 3,4\text{ g/m}^3.$$

Numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales operan bajo condiciones estivales a una temperatura de  $22^\circ\text{C}$ , en climas cálidos incluso a  $27^\circ\text{C}$ , y en áreas calientes incluso a  $30^\circ\text{C}$ .

Para una zona moderada a  $t = 22^\circ\text{C}$  la solubilidad del nitrógeno es de  $15\text{ g/m}^3$ , y después la subsaturación será de:

$$15\text{ g/m}^3 \times 0,40 = 6\text{ g/m}^3,$$

y la subsaturación disponible será de:

$$6\text{ g/m}^3 - 3\text{ g/m}^3 = 3\text{ g/m}^3.$$

La subsaturación restante a un nivel de  $2\text{ g/m}^3$  con un curso impetuoso del proceso con la adición de carbono inmediatamente disponible debe cubrir las irregularidades en las cantidades del afluente, y en particular la calidad y el tipo de impurezas e imprecisiones funcionales, que con respecto al impetuoso curso del proceso es difícil e implica cierto riesgo. Como resultado, sería necesario aumentar sustancialmente el margen, y esto limita la posibilidad de utilizar el volumen para la reducción de nitrógeno dentro del espectro de solo  $3\text{ g/m}^3$ . Esta es una desventaja importante de las soluciones que pertenecen a la técnica anterior.

El artículo "Getting out the gas" por M. Maciejewski et. al. en Water Environment and Technology, julio de 2012, p. 43-44, ISSN 1044-9493, describe la desgasificación al vacío de licor mezclado para mejorar la sedimentación y el rendimiento del proceso.

Según la invención, un método para el tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo, en particular para un requisito de reducción del alto nivel de compuestos nítricos biogénicos, consiste en someter las aguas residuales a etapas consecutivas de eliminación de las diferentes formas de impurezas incluidas en ellas, realizadas en volúmenes consecutivos separados, en donde el lodo activo se somete a condiciones variadas de trabajo y función, así como conexiones internas de recirculación-retorno, como un resultado de lo cual se elimina el carbono

inmediatamente disponible y medianamente disponible. Dentro del primer volumen, se lleva a cabo el proceso de defosfatación, dentro del segundo volumen se lleva a cabo el proceso de desnitrificación, y dentro del tercer volumen se lleva a cabo el proceso de nitrificación, a partir del cual se proporciona la conexión de recirculación-retorno al afluente del volumen de desnitrificación, asegurando así el manteniendo de la eficiencia del flujo en todo el sistema del volumen mencionado que excede varias veces la efectividad del flujo del agua residual alimentada para el tratamiento. Luego, una mezcla de lodo activo y aguas residuales se somete a desgasificación al vacío en una torre para desgasificación al vacío, desde donde se descarga el agua residual purificada, y el lodo activo depositado en el fondo, que es recirculado externamente, se dirige nuevamente al comienzo del proceso, a través de la alimentación de aguas residuales.

El objeto de la invención es que una mezcla del lodo activo y el agua residual, después de la nitrificación anterior, pero no introducida en una conexión de recirculación-retorno al efluente a un volumen de desnitrificación, se somete a una desnitrificación adicional durante la cual los remanentes de las formas de carbono inmediatamente disponible y de carbono escasamente disponible, transportadas junto con las aguas residuales, se consumen, opcionalmente incluso con el consumo de carbono intracelular del lodo activo, y se continúa con el proceso de desnitrificación en el tanque de sedimentación secundaria.

En el alcance del objeto de la invención, a la mezcla de lodo activo y agua residual, liberada en el curso de la desnitrificación adicional, de substancialmente la mayoría de todos los tipos de carbono, medianamente disponible y escasamente disponible, transportados junto con aguas residuales, se introduce cualquier tipo de fuente externa de carbono inmediatamente disponible, y se lleva a cabo una eliminación más profunda de nitratos mediante la reacción de este carbono con el lodo, y así se inicia el proceso de eliminación de nitratos después de que el agua residual ha pasado a través de la etapa de desgasificación al vacío que continúa dentro de una zona acuosa subsaturada con nitrógeno gaseoso del segundo tanque de sedimentación.

En una variante de una realización del método de tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo, en particular para un requisito de alto nivel de reducción de compuestos de nitrato biogénicos, que consiste en someter las aguas residuales a etapas consecutivas de eliminación de las diferentes formas de impurezas incluidas en ellas, realizadas en los volúmenes separados consecutivos, en donde el lodo activo se somete a diferentes condiciones de trabajo y función y a conexiones internas de recirculación-retorno, como resultado de lo cual se produce el agotamiento de carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible, en donde dentro del primer volumen se lleva a cabo el proceso de defosfatización, dentro del segundo volumen se lleva a cabo el proceso de desnitrificación, y dentro del tercer volumen se lleva a cabo el proceso de nitrificación, a partir del cual se proporciona una conexión de recirculación-retorno al efluente en el volumen de desnitrificación, manteniendo al mismo tiempo la efectividad del flujo dentro de la secuencia completa de los volúmenes mencionados, que es varias veces mayor que la efectividad del flujo de las aguas residuales alimentadas para tratamiento, y luego sometiendo la mezcla de lodos activos y aguas residuales a desgasificación al vacío en una torre para desgasificación al vacío, a partir de la cual se presenta el efluente de agua residual purificada y finalmente dirigiendo el lodo activo depositado en el tanque de sedimentación en el fondo, siendo un recirculado, de vuelta al inicio del proceso, a través del efluente de aguas residuales, se contempla que a la mezcla de lodos activos y aguas residuales, después de una nitrificación más temprana, pero no introducida en la conexión de recirculación-retorno al efluente en el volumen de desnitrificación, se le introduce cualquier tipo de carbono externo inmediatamente disponible y se lleva a cabo una eliminación más profunda de nitratos mediante la reacción de este carbono con el lodo, y también se inhibe el uso del carbono medianamente disponible y escasamente disponible transportado junto con las aguas residuales hasta el consumo completo de este carbono antes de la desgasificación al vacío, y así inicia el proceso de eliminación profunda de nitratos dentro de la zona de subsaturación de nitrógeno gaseoso del tanque de sedimentación secundaria, en donde se consumen los residuos de carbono medianamente disponible y escasamente disponible tal como se incluyen en las aguas residuales después de la nitrificación, junto con el posible consumo de carbono intracelular de lodo activo.

Según la invención, una planta para el tratamiento de aguas residuales, en un proceso de flujo continuo, en particular para un requisito de reducción de alto nivel de compuestos de nitrato biogénicos, sometiendo las aguas residuales consecutivamente a etapas de eliminación sucesivas de las diversas formas de impurezas incluidas en ellas, que comprende en sucesión un volumen de defosfatación, un volumen de desnitrificación y un volumen de nitrificación a partir del cual se proporciona una conexión de recirculación-retorno al afluente al volumen de desnitrificación, y luego un volumen de desgasificación al vacío, seguido de un tanque de sedimentación secundaria con salida de aguas residuales purificadas, conectado al afluente de aguas residuales al volumen de defosfatación por recirculación de los sedimentos que se depositan, se caracteriza porque tiene un volumen de desnitrificación adicional, definido corriente abajo del volumen de nitrificación y corriente arriba un volumen de desgasificación al vacío para la mezcla de lodo activo y agua residual en proceso de purificación.

Preferiblemente, la planta de la invención, entre el volumen de desnitrificación adicional y la torre de desgasificación al vacío para una mezcla de lodo activo y agua residual en proceso de purificación, tiene un volumen de eliminación profunda de nitrato, conectado a una fuente externa de carbono inmediatamente disponible.

Según la invención, también se contempla que una planta para el tratamiento de aguas residuales, en un proceso de flujo continuo, en particular para un requisito de reducción del alto nivel de compuestos de nitrato biogénicos, al

someter las aguas residuales consecutivamente a etapas sucesivas de eliminación de diversas formas de impurezas incluidas en ellas, que comprenden sucesivamente un volumen de desfosfatación, un volumen de desnitrificación y un volumen de nitrificación a partir del cual se proporciona una conexión de recirculación-retorno a un afluente en el volumen de desnitrificación, y luego un volumen de desgasificación al vacío seguido de un tanque de sedimentación secundaria con un eflujo de aguas residuales purificadas, conectado al afluente al proceso de desfosfatación, tiene un volumen de eliminación profunda de nitrato, conectado a una fuente de carbono inmediatamente disponible, ubicado corriente abajo del volumen de nitrificación y corriente arriba de la torre de desgasificación al vacío para una mezcla de lodos activos y aguas residuales en proceso de purificación.

En la solución de la invención, independientemente del impacto de la recirculación interna de la desnitrificación, realizada en el volumen del proceso de purificación corriente arriba, e independientemente del impacto de la misma, se lleva a cabo un proceso de eliminación profunda de nitrógeno por medio de una reducción adicional de nitratos para mejorar considerablemente la eliminación de nitrógeno y al mismo tiempo aumentar la eliminación de carbono y obtener, mediante la reducción de la cantidad de nitrato en el efluente al tanque de sedimentación secundaria, capacidades de sedimentación preferibles del lodo que permiten aumentar la concentración del lodo a lo largo de todo el proceso de purificación hasta un nivel práctico de 7,5 - 10 kg de masa seca en un metro cúbico.

El uso según la invención de un nuevo volumen separado ubicado corriente debajo de la cámara de nitrificación y corriente arriba del volumen de desgasificación al vacío para una mezcla de lodo activo en aguas residuales en proceso de purificación, elevó considerablemente la efectividad de la eliminación profunda de nitratos y amplió considerablemente la oportunidad de llevar todo el proceso de tratamiento de aguas residuales a una mayor concentración de lodo en el proceso.

Este efecto se puede obtener como el resultado de introducir en este punto una secuencia de purificación en este volumen adicional y una conformidad sustancial con la recirculación interna de cualquier tipo desde y hacia este volumen, de modo que para el proceso de desnitrificación realizado en el mismo, se corta el acceso a carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible transportado junto con aguas residuales, y al mismo tiempo, se obtiene una disminución significativa en el paso de las aguas residuales a través de este volumen en relación con otros volúmenes corriente arriba para la purificación de aguas residuales, así como el afluente de carbono se limita exclusivamente a la formas residuales después del proceso de purificación básico que lo precede. Esto se puede definir de manera que el proceso de eliminación de nitrógeno se haya condensado con la limitación del paso a través de este volumen y la eliminación de la posibilidad de proporcionar carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible, haciendo que el lodo consuma exclusivamente el carbono escasamente disponible y después de agotarse, inicie el consumo incluso de su propio carbono del lodo activo interno.

Según la invención, el tratamiento de aguas residuales con lodo activo se realiza de tal manera que la corriente que constituye eflujo de aguas residuales del volumen de nitrificación de aguas residuales, que está fuera del área de recirculación interna repetida, se recoge en un volumen separado, en donde bajo condiciones de ausencia de acceso a una fuente externa de carbono, y bajo condiciones de una muy alta concentración de depósito para ser utilizable en la práctica según la tecnología de la patente PL 172080, considerablemente más alta que en otras tecnologías conocidas de purificación de flujo, con ausencia de acceso al oxígeno gaseoso o en condiciones libres de oxígeno, bajo intensa agitación del contenido del volumen de colección y con abundante acceso a abundantes recursos de oxígeno incluidos en los nitratos, se induce que el lodo activo altamente concentrado consuma exclusivamente el carbono medianamente disponible y luego el escasamente disponible, y finalmente inicie la utilización de carbono intracelular del lodo activo mismo. Como un resultado, se obtiene una disminución limitada pero funcionalmente significativa en el contenido de nitrato en el eflujo, con una reducción de aproximadamente 20-40%, así como una disminución adicional a la reducción de carbono expresada en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de aproximadamente 20-30% que causa, debido al agotamiento en el anterior proceso de desnitrificación mejorada, de cualquier forma de carbono transportada junto con las aguas residuales, desacelerando el proceso de desnitrificación que ocurre dentro del volumen acuoso subsaturado con nitrógeno del tanque de sedimentación secundaria, causado por un tiempo de permanencia relativamente largo en el tanque de sedimentación, reducciones útiles y considerables de nitrógeno/nitratos en esta corriente de aguas residuales. La subsaturación inducida por desgasificación al vacío de la solución acuosa con nitrógeno gaseoso asegura la fácil disolución de las microburbujas del gas producido en los flóculos del lodo, y de esta forma mejora la capacidad de sedimentación del lodo, y finalmente surge la oportunidad de utilizar mayores concentraciones de lodo dentro de todo el proceso de purificación de aguas residuales, como resultado de un aumento adicional de sus capacidades de sedimentación para garantizar una mejor y más efectiva eliminación del nitrógeno y de otras impurezas en todo el curso de la purificación, desde la desfosfatación hasta el eflujo.

De manera inesperada, el estancamiento de una mezcla de aguas residuales purificadas después del proceso de nitrificación y fuera del área de recirculación de desnitrificación, bajo condiciones libres de oxígeno, a una concentración de depósito muy alta, sin alternancia de alimentación de carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible transportado junto con aguas residuales, el lodo activo es forzado, para mantener sus funciones de vida de depósito, a consumir únicamente carbono escasamente disponible, y con respecto a su falta de disponibilidad adicional para el lodo, a consumir carbono intracelular del lodo mismo, con agitación intensa concurrente bajo tales condiciones. Como una consecuencia, los procesos de mantenimiento de vida de los lodos conduce al uso de oxígeno compuesto por los nitratos residuales incluidos en la mezcla, o efectuando un proceso de

desnitrificación.

Estos nitratos, preparados en el proceso de nitrificación anterior, se devuelven principalmente junto con la recirculación de desnitrificación al proceso de desnitrificación, pero una parte de ellos se incluye en la corriente de eflujo, que corresponde a la cantidad de esta recirculación interna y la que queda fuera de ella, se dirige con el eflujo como un nitrato/nitrógeno no removido para el eflujo adicional en el proceso de purificación del flujo de aguas residuales que se está llevando a cabo. Como la cantidad de recirculación se restringe por razones técnicas y se mantiene a un nivel de aproximadamente 4 veces con respecto al flujo, el volumen de nitrificación que produce nitratos se diluye varias veces debido a esta recirculación repetida y al eflujo mixto global de este volumen de un contenido de nitrógeno/nitrato uniforme se divide en el eflujo en la recirculación de desnitrificación que transporta nitratos diluidos producidos intencionalmente para una mayor desnitrificación en la cámara de desnitrificación, con acceso al carbono inmediatamente disponible, mientras que la otra corriente que constituye el eflujo, según la vista esquemática del estado presentado en la Fig. 1 en una cantidad de 2 Q o 33% del flujo a través de la cámara, eliminando la posibilidad de una función de desnitrificación a propósito, lleva una cantidad de compuestos de nitrógeno no desnitrificados en forma de nitratos a un eflujo adicional y de esta manera 33% incluido en el volumen de nitrificación diluido entra al eflujo. El 67% de la cantidad de eflujo regresa al proceso de desnitrificación, en donde el lodo consume el carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible y descompone una parte predominante de nitratos con el uso de una parte de carbono transportado junto con las aguas residuales a este proceso de desnitrificación y la cantidad de nitratos, que disminuye como resultado de la reducción dentro del volumen de desnitrificación, fluye al volumen de nitrificación y diluye la concentración de nitratos en el mismo. En una parte adicional del proceso que consiste en la nitrificación, se produce una mayor eliminación del carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible y la nitrificación de la corriente de aguas residuales sin procesar se alimenta para formar nuevos nitratos y mantener el nivel de nitratos en el eflujo del volumen de nitrificación a un nivel predeterminado resultante del curso de nitrificación y de la desnitrificación, así como la recirculación que promedia el contenido de nitrato dentro de este volumen.

Dejar la mezcla de lodo activo después de estos procesos, que constituye un eflujo bajo condiciones de ausencia de efecto alternativo de recirculación bajo condiciones de alta concentración de depósito posibilita su uso en la tecnología según la patente PL 172080, causando una disminución adicional inesperadamente significativa en el contenido de nitrato/nitrógeno y reduce de manera efectiva estas cantidades de nitrógeno que son difíciles de eliminar.

Es obvio que esto se refiere al problema del contenido de nitrógeno después del proceso de purificación principal y al nitrógeno reducido en el mismo, y se obtienen resultados inesperadamente importantes para las condiciones requeridas estrictas para el efecto final de la eliminación de nitrógeno, con la disminución de su contenido en el eflujo adicional.

Sin embargo, tal eliminación adicional de nitrógeno causa un efecto adicional y mejora las condiciones de sedimentación dentro del tanque de sedimentación secundaria, ya que la disminución en la cantidad de nitratos alimentados y la disminución en la intensidad del proceso de desnitrificación en el tanque de sedimentación mejoran la capacidad de sedimentación del lodo y ocasionan una oportunidad inesperada para elevar la concentración del lodo a lo largo de todo el proceso de tratamiento de aguas residuales a concentraciones que actualmente se utilizan en la práctica en la tecnología según la patente PL 172080.

Por lo tanto, al llevar a cabo un proceso de desgasificación al vacío de lodo según la patente PL 172080, en donde el proceso de purificación de aguas residuales se realiza a una concentración de lodo muy alta, se revela que el eflujo de una mezcla de lodo en aguas residuales purificadas después del proceso de nitrificación, después del proceso de purificación completo y dirigido al eflujo a través del tanque de sedimentación, el flujo se detiene dentro de un volumen separado, en donde inesperada y sorprendentemente muestra - un curso efectivo y que tiene una utilidad relevante en su extensión de una desnitrificación adicional del eflujo de aguas residuales, sin necesidad de dispensar desde una fuente externa de carbono.

Dentro de este volumen, la mezcla de lodo activo en aguas residuales purificadas se somete a tratamiento adicional mediante la retención del eflujo después del proceso de nitrificación, que consiste en la separación de este volumen adicional para retener aguas residuales, en donde bajo condiciones libres de oxígeno, con ausencia de acceso a nitrógeno gaseoso, y al mismo tiempo con abundantes recursos de oxígeno a partir de la forma  $\text{NO}_3$ , al llevar a cabo el proceso con el uso de desgasificación al vacío del lodo según la patente PL 172080, bajo condiciones de una concentración muy alta de lodo y con intensa agitación en el volumen, el lodo de una alta capacidad de desnitrificación es obligado a someterse a un proceso de vida intensa con el uso de carbono que está presente únicamente en una forma de residuos de carbono medianamente disponible, y se manera sustancial escasamente disponible, y finalmente incluso uno intracelular del lodo activo, y esto conduce a una desnitrificación adicional considerable del eflujo descargado a partir del volumen de nitrificación.

Como resultado de esta acción, se produce una disminución adicional del contenido de nitrato en las aguas residuales, a partir de la cuales, en un flujo adicional bajo condiciones de desgasificación al vacío, las microburbujas de gas separadas en el proceso de desnitrificación adicional son succionadas de los flóculos del lodo, y en particular se produce subsaturación del agua con nitrógeno gaseoso, y luego el eflujo que contiene un menor contenido de

nitrito se dirige al tanque de sedimentación secundaria, en donde se presenta la fase de desnitrificación final.

El proceso de desnitrificación continúa en el tanque de sedimentación secundaria en el área de subsaturación de nitrógeno gaseoso ocasionado por desgasificación al vacío. El curso adicional de la desnitrificación que se desarrolla en el tanque de sedimentación se basa en cantidades menores de nitratos y continúa con la separación de nitrógeno gaseoso que se disuelve en el volumen acuoso subsaturado con nitrógeno gaseoso ocasionado por la desgasificación al vacío y rellenando de manera que no se genere la saturación completa del mismo.

Como resultado de la desnitrificación adicional, la disminución del afluente de nitratos en el tanque de sedimentación secundaria causa una disminución en la intensidad de los procesos de nitrificación que se producen en el mismo, entre otros como un resultado de una deficiencia más prominente de carbono consumido anteriormente en la desnitrificación adicional. Esto causa un menor llenado de la deficiencia en saturación del líquido en el tanque de sedimentación con nitrógeno gaseoso.

La prevención del llenado completo de la subsaturación del líquido con nitrógeno gaseoso y el mantenimiento de una considerable deficiencia gaseosa en el líquido del tanque de sedimentación secundaria tiene un impacto importante sobre las propiedades de sedimentación del lodo. Con una gran deficiencia en la subsaturación del líquido con nitrógeno que se separa en los flocúlos del lodo en el proceso de desnitrificación, el nitrógeno muestra una capacidad para disolverse en una solución subsaturada y eliminarse fácilmente de los flocúlos del lodo.

Esta facilidad disminuye junto con la disminución del valor de la deficiencia y se desvanece por completo con su eliminación. El llenado completo se refiere a la acumulación de nitrógeno separado en los flocúlos del lodo, ya que no hay nada en que pueda disolverse, y los lodos muestran una menor capacidad de sedimentación, a la vez que se permite una deficiencia importante de nitrógeno, la transferencia de nitrógeno gaseoso de los flocúlos del lodo, y los lodos adquieren una capacidad de sedimentación particularmente preferible.

De esta forma, con el uso de desnitrificación adicional, se reduce el afluente de nitratos en el tanque de sedimentación secundaria y se crea la posibilidad de mantener una deficiencia más prominente, que a su vez permite mantener sorprendentemente la concentración de lodo en el proceso a un nivel considerablemente más alto.

Como consecuencia, de forma sorprendente e inesperada, el efecto final del uso de la desnitrificación adicional es una oportunidad para aumentar la cantidad de biomasa durante todo el proceso de purificación. Otro efecto sorprendente de dicho aumento de biomasa en los procesos es la mejora de todo el proceso de purificación en la desnitrificación, nitrificación y volúmenes adicionales de desnitrificación que da como resultado una mejor purificación de las aguas residuales con respecto al nitrógeno y carbono dentro de estas áreas, y facilita la realización de todo el proceso

El uso de una desnitrificación adicional de un eflujo de aguas residuales, contemplada en esta invención, dirigida al tanque de sedimentación secundaria, cuando se mantiene el grado de desnitrificación en el tanque de sedimentación secundaria, provoca la obtención de una subsaturación más prominente del líquido con nitrógeno y esto mejora la capacidad de sedimentación de lodo y permite el uso de mayores concentraciones de lodo a lo largo de todo el proceso de purificación de aguas residuales.

El objeto de la invención se ilustra en el dibujo adjunto, en donde la Fig. 2 muestra una planta de tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo, con volumen de desnitrificación adicional, en un diagrama esquemático; la Fig. 3 muestra una planta de tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo con volumen de desnitrificación adicional y con un volumen de eliminación más profunda de nitrito, en un diagrama esquemático; y la Fig. 4 muestra una planta de tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo con un volumen de eliminación más profunda de nitrito, en un diagrama esquemático.

### Ejemplo 1

Se implementó una planta como se muestra en la Fig. 2, en donde se supuso un flujo de aguas residuales dirigidas para tratamiento por la cantidad de  $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{d}$ , una carga de impurezas de carbono BZT = 300 kg/d y una carga de nitrógeno de 75 kg/d, a una temperatura  $t = 22^\circ\text{C}$ .

En la planta, el proceso se implementó a una concentración de lodo de 7,5 kg de masa seca en  $1 \text{ m}^3$  y bajo recirculación externa igual al 100%, que es  $Q$ , y una recirculación interna igual al 400%, que es  $4Q$ , del afluente de las aguas residuales. El flujo a través del volumen de defosforación es  $2Q$  y se dirige a un volumen de desnitrificación  $2$ , en donde, teniendo en cuenta el afluente de recirculación interno éste sería  $Q + Q_{rz} + 4Q_{rw}$ , es decir,  $6Q$  en total.

Esta cantidad de flujo se dirige a un volumen de nitrificación  $3$ , en donde, como un resultado de llevar a cabo los procesos bioquímicos en lodo activo, se produce la oxidación de varias formas de nitrógeno hasta la forma de nitrito final de  $\text{NO}_3^-$ , según la reacción esquemática que se proporciona a continuación:

Nitrificación	<b>Etapa I</b>	Células bacterianas	+ alimento (COHNS) + O <sub>2</sub>	$\xrightarrow{\text{enzimas}}$	Células nuevas	+ CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O + NH <sub>3</sub>
	<b>Etapa II</b>	Células para nitrificación (organismos)	+ NH <sub>3</sub> + O <sub>2</sub>	$\xrightarrow[\text{(vía NO}_2\text{)}]{\text{enzimas}}$	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + H <sub>2</sub> O	nuevas células para nitrificación

El volumen de nitrificación se diluye con la recirculación interna alimentada después del proceso de desnitrificación y, como un resultado, los nitratos producidos en el volumen de nitrificación se diluyen con la corriente de recirculación de una menor cantidad de nitratos después del proceso de desnitrificación.

- 5 El eflujo del volumen de desnitrificación 3 se divide en dos corrientes. Una que comprende cantidades promediadas y constituye una parte considerablemente más grande, es como una recirculación interna en una cantidad de 4 Q dirigida al comienzo del proceso hasta el volumen de desnitrificación 2, en donde se mezcla con el afluente de aguas residuales sin procesar rico en carbono inmediatamente disponible que reacciona en procesos bioquímicos con nitratos NO<sub>3</sub><sup>-</sup> con liberación de nitrógeno en forma gaseosa y que se descarga a la atmósfera según la reacción esquemática de desnitrificación



- 15 Por otro lado, el afluente de nitrógeno con aguas residuales sin procesar tiene formas de diversos compuestos y no experimenta transformación dentro del volumen de desnitrificación 2, se dirige en el flujo común al volumen de nitrificación en donde se oxida a nitrógeno en una forma de nitratos N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el proceso con el uso de carbono inmediatamente disponible transportado en aguas residuales sin procesar.

La otra corriente que comprende nitrógeno en una cantidad promedio dentro del volumen de nitrificación, es decir, en una cantidad como en la corriente de recirculación interna, constituye el eflujo.

- 20 En el proceso bioquímico que se lleva a cabo, dentro de los volúmenes de desnitrificación 2 y nitrificación 3, teniendo en cuenta la recirculación interna, se eliminó el nitrógeno en una cantidad de 60 kg. Como resultado, en el eflujo del volumen de desnitrificación 3 queda:

$$75 \text{ kg} - 60 \text{ kg} = 15 \text{ kg de nitrógeno,}$$

que da una cantidad promedio de nitrógeno en 1 m<sup>3</sup> en el eflujo a partir del volumen de nitrificación:

$$15 \text{ kg} : 1000 \text{ m}^3 = 0,015 \text{ kg/m}^3 \square 15 \text{ g/m}^3,$$

o en el eflujo a partir del volumen de nitrificación hay:

- 25 15 g/m<sup>3</sup> de nitrógeno.

- 30 La otra corriente que fluye desde el mismo volumen de nitrificación 3 en una cantidad de 2 Q, que también comprende nitrógeno después del proceso de nitrificación en una cantidad de 15 g de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, se dirige para fluir adicionalmente hacia el volumen adicional de desnitrificación 4, en donde se presentan los procesos de vida del lodo altamente activo bajo condiciones completamente libres de oxígeno (sin oxígeno gaseoso), ya que el oxígeno incluido en el afluente disuelto en agua, bajo condiciones de alta concentración de lodo, se consume en el afluente dentro de 1-2 minutos, a una muy alta concentración de lodo aplicada convencionalmente en el posible funcionamiento para la tecnología de desgasificación al vacío de lodo según la patente polaca No. 172080, mientras se agita intensamente el contenido del mismo y bajo condiciones de deficiencia inducida de carbono inmediatamente disponible, y de ese modo se lleva a cabo un proceso de desnitrificación adicional.

- 35 Dentro de este volumen, el lodo activo con grandes recursos de oxígeno a su disposición en forma de nitratos NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para mantener los procesos de la vida, se ve obligado a consumir los residuos de carbono no inmediatamente disponible y luego los residuos de carbono escasamente disponible.

- 40 Como resultado de los procesos bioquímicos de los lodos vivos, llevados a cabo dentro de este volumen, se presenta la disminución en el contenido de nitrato a un nivel de 12 g/m<sup>3</sup> N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, con el consumo total simultáneo de los residuos de carbono medianamente disponible y con el uso de carbono escasamente disponible.

Así, dentro de este volumen, se presenta la reducción de las impurezas de nitrógeno en una cantidad de:

$$15 \text{ g/m}^3 - 12 \text{ g/m}^3 = 3 \text{ g/m}^3,$$

que constituye una reducción de:



## ES 2 685 588 T3

$$(3 : 15) \times 100\% = 20\%$$

y elimina del todo el proceso el nitrógeno en una cantidad de:

$$1000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,003 = 3 \text{ kg.}$$

5 Entonces, el flujo, en donde todo el tiempo se lleva a cabo el proceso de transformación bioquímica con eliminación de nitrógeno, se dirige al volumen de desgasificación al vacío 7, en donde se produce una subsaturación a un nivel del 30% de subsaturación al tanque de sedimentación secundaria 8, y en donde el proceso de desnitrificación bajo condiciones libres de oxígeno continúa en una capa de sedimentación y espesamiento del lodo situado en el fondo del tanque de sedimentación, con descomposición de nitratos  $\text{NO}_3^-$  en oxígeno utilizado en una parte de los procesos de vida del lodo y con separación del nitrógeno en una forma de gas que se disuelve inmediatamente en el

10 producido por subsaturación de nitrógeno desgasificado al vacío de la solución acuosa, sin el uso completo de esta subsaturación, cuyo volumen, como muestra la práctica, es difícil de obtener, y permanece dentro del espectro de 25-40%), y su posiblemente alta capacidad de retención determina una mejor o peor capacidad de sedimentación del lodo con eliminación en un mayor o menor grado del fenómeno de hinchado y flotación del lodo en el tanque de sedimentación.

15 Como resultado de esta fase adicional del curso del proceso ejecutado en el volumen acuoso subsaturado del tanque de sedimentación secundaria 8, se produce una disminución adicional en el contenido de nitrógeno a un nivel de  $10 \text{ g/m}^3$  de  $\text{N-NO}_3^-$ .

Bajo la temperatura del agua residual  $t = 22^\circ\text{C}$ , la solubilidad del nitrógeno gaseoso en el agua es de  $16 \text{ g/m}^3$ . Se produjo una deficiencia de saturación del 30%.

20 A saber, la subsaturación de nitrógeno gaseoso del líquido sería:

$$16 \text{ g/m}^3 \times 0,30 = 4,8 \text{ g/m}^3.$$

La reacción del nitrógeno dentro del volumen del tanque de sedimentación secundaria 8, que funciona bajo condiciones de ausencia de carbono inmediatamente disponible, pero en un tiempo de permanencia relativamente largo en el tanque de sedimentación fue:

25 
$$12 \text{ g/m}^3 - 10 \text{ g/m}^3 = 2 \text{ g/m}^3,$$

y esto constituye una reducción igual a:

$$(2 : 10) \times 100\% \square 20\% \text{ en relación con el afluente,}$$

y elimina nitrógeno de todo el proceso de purificación en una cantidad de:

$$1000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,002 = 2 \text{ kg}$$

30 Se rellenó la subsaturación de nitrógeno gaseoso del líquido y la cantidad de nitrógeno eliminado por nitrificación y es:

$$4,8 - 2 = 2,8 \text{ kg/m}^3,$$

que asegura el mantenimiento de una buena capacidad de sedimentación del lodo.

### Ejemplo 2

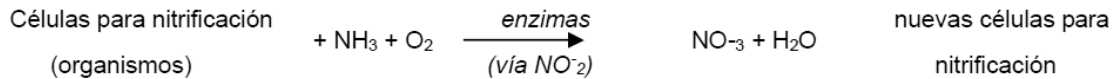
35 Se implementó una planta como se ilustra en la Fig. 3 en donde se supuso un flujo a una cantidad de  $10000 \text{ m}^3/\text{d}$ , con una carga de impurezas de carbono BZT =  $3000 \text{ kg/d} \sim 0,300 \text{ kg/m}^3 = 300 \text{ g/m}^3$  y carga de nitrógeno de  $750 \text{ kg/d} \sim 0,075 \text{ kg/m}^3 = 75 \text{ g/m}^3$ , a una temperatura del agua residual  $t = 22^\circ\text{C}$  y con un elevado requisito de eliminación de nitrógeno hasta el valor de  $5 \text{ g/m}^3$  en el eflujo y con un consumo mínimo de una fuente de carbono externa.

40 En la planta se utilizó una concentración de lodo de  $8,5 \text{ kg}$  de masa seca en  $1 \text{ m}^3$ , con recirculación externa del 120% que es  $1,2 \text{ Q}$  y una recirculación interna igual a 400% que es  $4 \text{ Q}$ .

El afluente de aguas residuales se dirigió al volumen de desfosfatación 1, en donde se mezcla con la corriente de recirculación externa de aguas residuales igual a  $1,2 \text{ Q}$  y fluye a través del volumen de desfosfatación en una corriente de  $2,2 \text{ Q}$ , que se introduce en el volumen de desnitrificación 2, en donde se mezcla con la corriente de

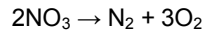
45 recirculación interna y fluye a través del volumen de desfosfatación en una corriente de  $6,2 \text{ Q}$ , que se dirige al volumen de nitrificación 3.

En el volumen de nitrificación 3 se produce el proceso de nitrificación del nitrógeno transportado por las aguas residuales y se presenta en diversas formas al nitrógeno en forma de nitratos  $\text{N-NO}_3^-$ , según la reacción esquemática:



Dentro de este volumen también se consumen todas las formas de carbono inmediatamente disponible, tanto para el proceso de nitrificación como para la eliminación de impurezas de carbono.

5 Del volumen de nitrificación 3 así obtenido, fluyen los nitratos en la corriente de recirculación interna y se dirigen al volumen de desnitrificación 2, en donde en presencia de carbono inmediatamente disponible transportado con aguas residuales sin procesar, con un consumo parcial del mismo, se efectúa la reducción de nitratos con liberación de nitrógeno en su forma gaseosa a la atmósfera.



10 Como un resultado de estos procesos realizados dentro de los volúmenes 2 y 3, con el uso de la recirculación interna, dentro de un volumen de circulación 3 promediado por la desnitrificación, el nitrógeno/nitrato se redujo a un nivel de 10 g/m<sup>3</sup>.

Esto constituyó la reducción de nitrógeno por un valor de:

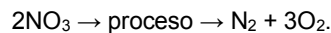
$$75 \text{ g/m}^3 - 10 \text{ g/m}^3 = 65 \text{ g/m}^3,$$

lo que significa la eliminación de todo el flujo de nitrógeno de:

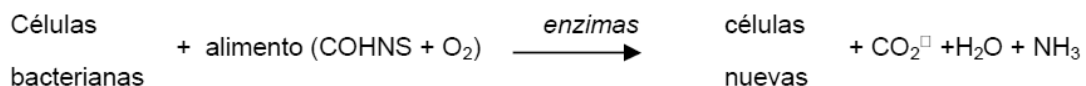
15 
$$1000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,065 = 650 \text{ kg/d}$$

La mezcla 3 incluida en el volumen de nitrificación, que comprende 11 g/m<sup>3</sup> de nitrógeno/nitrato se dirige al volumen de nitrificación se divide en dos corrientes. Uno de ellos constituye la recirculación de desnitrificación, mientras que el otro constituye del eflujo que comprende 11 g/m<sup>3</sup> 3 de nitrógeno/nitratos se dirige al volumen adicional de desnitrificación 4, en donde bajo condiciones de intensa agitación de los contenidos del mismo presentes según la tecnología de la patente PL 172080 con una concentración muy alta de lodo activo y con ausencia completa de oxígeno gaseoso, se lleva a cabo el proceso adicional de desnitrificación.

25 Dentro de este volumen, el lodo activo para llevar a cabo los procesos de vida tiene recursos de oxígeno muy grandes presentes en una forma de nitratos, inmediatamente disponibles para el lodo y para llevar a cabo sus procesos de vida, está obligado a consumir la única fuente de carbono en un forma escasamente disponible y muy escasamente disponible, de manera que se reduce el nitrógeno/nitratos a una forma gaseosa según la reacción:



En este proceso de desnitrificación también se elimina una parte de carbono, dicho carbono se transporta junto con las aguas residuales para escapar a la atmósfera en una forma de dióxido de carbono, según la reacción:



30 Como un resultado del proceso de desnitrificación se redujeron los nitratos/nitrógeno en el eflujo a un nivel de 7,0 g/m<sup>3</sup>.

La reducción de nitrógeno fue entonces:

$$10 \text{ g/m}^3 - 7 \text{ g/m}^3 = 3 \text{ g/m}^3,$$

que produce una reducción de nitrógeno de un valor:

35 
$$(3 : 11) \times 100\% \approx 30\%$$

y una reducción de la cantidad de carga alimentada a la planta de tratamiento de aguas residuales:

$$10000 \times 0,003 = 30 \text{ kg/d de nitrógeno}$$

40 Luego, el flujo libre de carbono medianamente disponible y escasamente disponible se dirige al volumen de desnitrificación más profunda 5, en donde se agrega una fuente externa de carbono en una cantidad limitada para garantizar un curso de desnitrificación adicional, esta vez muy intenso, con supuesto consumo completo de este carbono añadido en tal cantidad, de forma que el proceso de desnitrificación se desarrolle en otras partes de la planta, que están dentro del volumen de desgasificación al vacío y dentro del tanque de sedimentación secundaria, y sustancialmente dentro de su volumen acuoso subsaturado, que no cumplen totalmente con la subsaturación de nitrógeno gaseoso obtenida del líquido.

## ES 2 685 588 T3

Dentro del volumen de desnitrificación más profunda 5 se redujo el nitrógeno a un nivel de 4,5 g/m<sup>3</sup>.

La reducción de nitrógeno dentro de este volumen fue entonces:

$$7 \text{ g/m}^3 - 4,5 \text{ g/m}^3 = 2,5 \text{ g/m}^3,$$

que proporciona reducción de nitrógeno/nitros dentro de este volumen de:

5  $(2,5 : 7) \times 100\% = 36\%$

y reducción de carga de:

$$10000 \times 0,0025 = 25 \text{ kg/d.}$$

En un proceso tan exigente, para un nivel tan alto de eliminación de nitrógeno, es necesario producir subsaturación en un nivel más alto que en otros procesos.

10 La saturación de agua a una temperatura de 22°C es de 16 g/m<sup>3</sup>.

Se produjo una subsaturación del 40%, lo que significa que la subsaturación es:

$$16 \text{ g/m}^3 \times 0,4 = 6,4 \text{ g/m}^3.$$

15 A partir del volumen de desgasificación al vacío 7 el agua residual purificada se dirige al tanque de sedimentación secundaria, en donde en el área de sedimentación y espesamiento del lodo depositado en el fondo, dentro del volumen acuoso insaturado con nitrógeno gaseoso, continúa un intenso proceso de desnitrificación hasta que los residuos del carbono agregado se consumen, y después de su agotamiento, el proceso se basa mucho menos intensivamente en los residuos de carbono escasamente disponibles, no eliminados del volumen de desnitrificación adicional 4, transportados junto con las aguas residuales, y con el uso de carbono interno a partir de las células de lodo activo. Dentro de este volumen de desnitrificación, el nitrógeno/nitros se redujo a un nivel de 3,0 g/m<sup>3</sup>,

20 y esto representa una reducción de:

$$(1,5 : 4,5) \times 100\% = 33\%,$$

y una reducción de la cantidad de carga de:

$$10000 \text{ m}^3/\text{g} \times 0,0015 = 15 \text{ kg/d,}$$

dejando un contenido de nitrógeno en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en la cantidad de:

25 nitrógeno generalmente 3,0 g/m<sup>3</sup>.

La deficiencia en la saturación de nitrógeno del agua en la cantidad de 6,4 g/m<sup>3</sup> se cumplió en la cantidad de 1-2 g/m<sup>3</sup> y se mantuvo a un nivel de subsaturación de:

$$6,4 \text{ g/m}^3 - 3,0 \text{ g/m}^3 = 3,4 \text{ g/m}^3$$

30 Esto asegura una alta capacidad de sedimentación del lodo y una reserva para la cuenta de la penetración de una porción del carbono externo añadido debido a irregularidades del flujo e imprecisiones funcionales de la planta.

35 Cabe señalar que la adición de una fuente externa de carbono inmediatamente disponible en la práctica mantiene el proceso de desnitrificación basado en el uso de carbono escasamente disponible transportado y que aún permanece en las aguas residuales después del proceso adicional de desnitrificación. El proceso para el uso de este carbono transportado junto con las aguas residuales, así como el consumo opcional del carbono intracelular del lodo activo se reasume solo después del consumo completo del carbono inmediatamente disponible añadido a partir de una fuente externa y pasa al volumen acuoso subsaturado con nitrógeno gaseoso del tanque de sedimentación secundaria en donde se agotan los residuos del carbono externo y los residuos del carbono transportado junto con las aguas residuales. Todo esto ocurre única y exclusivamente en una planta equipada para medios de desgasificación al vacío.

40 También es posible, con la adición de menores cantidades de carbono externo, finalizar el proceso de usarlo en el volumen de desnitrificación más profunda 5 e iniciar en él el consumo de carbono aún transportado con las aguas residuales y continuar este proceso en el segundo tanque de sedimentación.

45 El curso y la intensidad de estos procesos se pueden ajustar como se desee mediante la cantidad de dosis del carbono externo, de forma adecuada al afluente de impurezas o temperatura del agua residual, de manera que se transfiera en mayor o menor medida el consumo de carbono residual transportado junto con aguas residuales. También es posible renunciar a este proceso y transferir el consumo de residuos de carbono externos añadidos al volumen del tanque de sedimentación secundaria sin el consumo de residuos de carbono transportados junto con las

aguas residuales.

### Ejemplo 3

5 Se implementó una planta como se muestra en la Fig. 4, en donde se supuso un flujo de 10000 m<sup>3</sup>/d, con una carga de impurezas de carbono BZT = 3000 kg/d y una carga de nitrógeno de 750 kg/d, a temperatura del agua residual t = 22°C y con un requisito muy demandante de eliminación de nitrógeno hasta un valor de 3 g/m<sup>3</sup> en el eflujo y con un consumo mínimo a partir de la fuente de carbono externa.

En la planta, se utilizó una cantidad de lodo a una concentración de 8,5 kg de masa seca en 1 m<sup>3</sup>, con una circulación externa del 120% que es 1,2 Q y una recirculación interna igual al 400% que es 4 Q.

10 El eflujo de aguas residuales se dirige al volumen de desfosfatación 1, en donde se mezcla con la corriente de recirculación externa de aguas residuales igual a 1,2 Q y fluye a través de la desfosfatación en una corriente de 2,2 Q, que se introduce en el volumen de desnitrificación 2, en donde se mezcla con la corriente de recirculación interna y fluye a través de este volumen en una corriente de 6,2 Q, que se dirige al volumen de nitrificación 3.

15 Dentro del volumen de nitrificación 3 se produce el proceso de nitrificación del nitrógeno transportado junto con las aguas residuales, que está presente en varias formas de nitrógeno en forma de nitrato N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dentro de este volumen también se lleva a cabo el consumo de todo el carbono inmediatamente disponible.

A partir del volumen de nitrificación 3 así obtenido, los nitratos fluyen en la corriente de recirculación interna y se dirigen al volumen de desnitrificación 2, en donde en presencia de carbono inmediatamente disponible transportado junto con aguas residuales sin procesar, con un consumo parcial del mismo, los nitratos se redujeron con liberación de nitrógeno en forma gaseosa que se descargó a la atmósfera.



Como resultado de los procesos realizados dentro de los volúmenes 2 y 3, con el uso de la circulación interna, se redujo el nitrógeno en una cantidad de 660 kg. Como un resultado, en el eflujo a partir de la cámara de nitrificación queda nitrógeno:

$$750 \text{ kg} - 660 \text{ kg} = 90 \text{ kg},$$

25 que corresponde a la cantidad de nitrógeno:

$$90 \text{ kg} : 10000 \text{ m}^3 = 0.009 \text{ kg/m}^3 \text{ (9 g/m}^3\text{)}$$

30 Estas cantidades de impurezas se dirigen a la corriente del efluente adicional hacia el volumen de desnitrificación más profunda 5, en comunicación con una fuente de carbono añadida externamente a una cantidad para asegurar la reducción de nitrógeno dentro de este volumen mediante la cantidad de 4 g/m<sup>3</sup>, lo que proporciona una reducción de la carga en la planta de tratamiento adicional:

$$10000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,004 \text{ g/m}^3 = 40 \text{ kg/d},$$

a una tasa de reducción de nitrógeno de:

$$(4 \text{ g/m}^3 : 9 \text{ g/m}^3) \times 100 = 44,4\%.$$

35 Dentro del volumen de desnitrificación más profunda 5, como un resultado de la adición de una fuente de carbono externa, aplicada en una forma inmediatamente disponible para el lodo, se produce un proceso de desnitrificación impetuoso con el consumo de este carbono. Lo que es más, los residuos de carbono medianamente disponible y escasamente disponible, transportados junto con el eflujo al volumen 5 permanecen intactos después de este proceso de desnitrificación intensificado y entran en el proceso de desnitrificación después del agotamiento total del carbono externo alimentado al proceso de purificación.

40 Para un eflujo adicional, la cantidad de nitrógeno en las aguas residuales ascenderá a:

$$9 \text{ g/m}^3 - 4 \text{ g/m}^3 = 5 \text{ g/m}^3.$$

45 El eflujo del volumen de desnitrificación profunda 5 a través de la cámara de succión 6 de la torre de desgasificación al vacío 7 del lodo se dirige al tanque de sedimentación secundaria 8, en donde, bajo las condiciones creadas de subsaturación de nitrógeno del agua, se lleva a cabo el proceso de desnitrificación, sin llenado de la subsaturación de nitrógeno del agua, y esto asegura que el nitrógeno producido en el proceso de desnitrificación final ejecutado realizado del tanque de sedimentación secundaria 8 se disolverá en el líquido subsaturado.

50 Cabe señalar que la adición de una fuente externa de carbono inmediatamente disponible, en la práctica, mantiene el proceso de desnitrificación basado en el consumo de residuos, de los residuos de carbono medianamente disponibles y escasamente disponibles, transportados junto con el agua residual y remanentes en el agua residual después de los procesos de nitrificación y desnitrificación, al tomar en cuenta la recirculación interna, realizada

dentro de los volúmenes 2 y 3. El proceso para el uso de este carbono transportado junto con el lodo, así como el consumo opcional del carbono intracelular del lodo activo se renueva solo después del consumo completo del carbono inmediatamente disponible, añadido a partir de una fuente externa, y se transfiere al volumen acuoso subsaturado con nitrógeno gaseoso del tanque de sedimentación secundaria en donde se agotan los residuos de carbono externo y los residuos de carbono transportados junto con las aguas residuales.

También es posible, con la adición de menores cantidades de carbono externo, finalizar el proceso de usarlo en el volumen de desnitrificación más profunda 5 e iniciar en él, el consumo de carbono aún transportado con las aguas residuales y continuar este proceso en el segundo tanque de sedimentación.

El curso y la intensidad de estos procesos se pueden ajustar como se desee, mediante la cantidad de dosis de carbono externo, de forma adecuada al afluente de impurezas o temperatura del agua residual, de manera que se transfiera, en mayor o menor medida, el consumo de carbono residual transportado con las aguas residuales. También es posible renunciar a este proceso y transferir el consumo de los residuos de carbono externos añadidos al volumen del tanque de sedimentación secundaria sin el uso de los residuos de carbono transportados junto con las aguas residuales.

En el intenso proceso de eliminación de nitrógeno, es necesario producir una subsaturación de nitrógeno del líquido a un nivel de aproximadamente 40%,

por lo que la subsaturación del nitrógeno del agua sería:

$$16 \text{ g/m}^3 \times 0,40 = 6,4 \text{ g/m}^3.$$

Dentro del volumen acuoso del tanque de sedimentación, estando el nitrógeno gaseoso subsaturado, se realizó el proceso final de desnitrificación.

En la presencia de residuos de carbono medianamente disponible y escasamente disponible y con el uso de la formas de carbono escasamente disponibles, a un tiempo de permanencia relativamente largo dentro de la subsaturación de agua dentro del tanque secundario con la desnitrificación realizada de esta manera, se obtuvo una reducción funcional considerablemente grande de los nitratos, como resultado de la disponibilidad de fuentes de carbono más inmediatamente disponibles, que no se eliminaron dentro del volumen operativo basándose en el carbono externo agregado.

Se efectuó una mayor reducción de nitrógeno a una cantidad de 2,5 g/m<sup>3</sup>, y esto finalmente proporcionó una reducción de nitrógeno dentro de la planta:

$$10000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,0025 = 25 \text{ kg/d},$$

con el eflujo después de la purificación a un nivel de

$$5 \text{ g/m}^3 - 2,5 \text{ g/m}^3 = 2,5 \text{ g/m}^3 \text{ de nitrógeno},$$

que corresponde a una tasa de reducción de nitrógeno de:

$$(2,5 \text{ g/m}^3 : 5 \text{ g/m}^3) \times 100 = 50\%.$$

La deficiencia de nitrógeno en la saturación del agua, de 6,4 g/m<sup>3</sup> se llenó en la cantidad de 2 g/m<sup>3</sup> y se mantuvo a un nivel de subsaturación igual a:

$$6,4 \text{ g/m}^3 - 2,5 \text{ g/m}^3 = 3,9 \text{ g/m}^3.$$

Esto proporciona una alta capacidad de sedimentación del lodo y asegura una reserva para la penetración de porciones temporales del carbono externo agregado debido a irregularidades del flujo e imprecisiones funcionales de la planta.

Es obvio que mediante el aumento en la reducción de nitrógeno en el proceso principal dentro de los volúmenes 2 y 3, es posible disminuir la dosis de carbono externo. Esto puede lograrse cuando se deciden las capacidades de los volúmenes 2 y 3 y/o adicionalmente aumentando la concentración del lodo en el proceso resultante a partir de las características descritas en la patente PL 172080.

También es obvio que, como fuente de carbono externa, es posible utilizar la corriente de eflujo de las aguas residuales, que se dirige con la omisión de los volúmenes 2 y 3 hacia el volumen 5 o 4. Esta sería, sin embargo, una función que no daría como resultado la eliminación del nitrógeno, y en particular su eliminación profunda, ya que el nitrógeno incluido en la corriente de las aguas residuales no se puede eliminar en el curso de la nitrificación y desnitrificación, y en su forma original, sin eliminación, se dirige al eflujo.

La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

50

## REIVINDICACIONES

1. Un método para el tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo, en particular para un requisito de reducción de alto nivel de compuestos de nitrato biogénicos, que consiste en someter las aguas residuales a etapas consecutivas de eliminación de las diversas formas de impurezas incluidas en ellas, realizadas en volúmenes consecutivos separados, en donde el lodo activo se somete a varias condiciones de trabajo y función, así como conexiones internas de recirculación-retorno, como resultado de lo cual se produce el agotamiento del carbono inmediatamente disponible y medianamente disponible promedio, y dentro del primer volumen se lleva a cabo un proceso de defosfatización, dentro del segundo volumen se lleva a cabo un proceso de desnitrificación y dentro del tercer volumen se lleva a cabo un proceso de nitrificación a partir del cual se produce una conexión recirculación-retorno con respecto al volumen de desnitrificación, manteniendo al mismo tiempo la efectividad del flujo dentro de la serie completa de dichos volúmenes que excede varias veces la efectividad del flujo de las aguas residuales alimentadas para purificación, y luego una mezcla de lodo activo y las aguas residuales se somete a desgasificación al vacío en una torre para desgasificación al vacío, a partir de la cual se proporciona un eflujo del agua residual purificada, y el lodo activo que se deposita en el fondo, siendo recirculado externamente, regresa al inicio del proceso, corriente arriba del afluente de aguas residuales, **caracterizado porque** la mezcla de lodos activos y aguas residuales, sometida antes a la nitrificación, pero no introducida en la conexión recirculación-retorno al afluente al volumen de desnitrificación, y que constituye el eflujo a partir del volumen de nitrificación antes de la desgasificación al vacío del mismo, se somete a desnitrificación adicional, durante la cual se produce el consumo de residuos de carbono inmediatamente disponible y de formas de carbono escasamente disponible transportados junto con aguas residuales, opcionalmente incluso con el consumo del carbono intracelular de lodo activo, para continuar el proceso de desnitrificación en el tanque de sedimentación secundaria.
2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se introduce la mezcla de lodo activo y agua residual, libre, como resultado de un proceso adicional de desnitrificación, de una parte sustancialmente mayor de cualquier tipo de carbono escasamente disponible transportado junto con aguas residuales, de cualquier tipo de una fuente externa de carbono inmediatamente disponible, y la eliminación más profunda de nitratos se lleva a cabo mediante la reacción de este carbono con el lodo, y así inicia el proceso de eliminación de nitratos después de pasar las aguas residuales a través de la etapa de desgasificación al vacío que continúa dentro de una zona acuosa subsaturada con nitrógeno gaseoso del tanque de sedimentación secundaria.
3. El método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** a la mezcla de lodo activo y agua residual, sometida antes a la nitrificación, pero no introducida en la conexión de recirculación-retorno al afluente al volumen de desnitrificación, se le introduce cualquier tipo de fuente externa de carbono inmediatamente disponible, y se lleva a cabo una eliminación más profunda de nitratos haciendo reaccionar este carbono con el lodo, y el consumo de residuos de carbono medianamente disponible y escasamente disponible se mantiene hasta el consumo de este carbono antes de la desgasificación al vacío, y así inicia el proceso de eliminación profunda de nitratos, después de pasar agua residual a través de la etapa de desgasificación al vacío, continúa dentro de una zona subsaturada de nitrógeno gaseoso dentro del tanque de sedimentación secundaria, en donde se consumen los residuos de carbono medianamente disponible y escasamente disponible, dichos residuos se incluyen en el lodo después del proceso de nitrificación.
4. Una planta para el tratamiento de aguas residuales, en un sistema de flujo continuo, en particular para un requisito de reducción del alto nivel de compuestos de nitrato biogénicos, mediante el sometimiento consecutivamente de las aguas residuales a etapas sucesivas de eliminación de diversas formas de impurezas incluidas en las mismas, que comprende, en sucesión, un volumen de defosfatación, volumen de desnitrificación y volumen de nitrificación, a partir del cual se proporciona una conexión recirculación-retorno al afluente a la zona de desnitrificación y luego un volumen de desgasificación al vacío, seguido de un tanque de sedimentación secundaria con un eflujo de aguas residuales purificadas, conectado al afluente de aguas residuales al volumen de defosfatación, **caracterizado porque** tiene un volumen adicional de desnitrificación (4), separado corriente abajo del volumen de nitrificación (3) y corriente arriba de la torre de desgasificación al vacío (7) para una mezcla de lodo activo y agua residual que se está purificando.
5. La planta según la reivindicación 4, **caracterizada porque** entre el volumen de desnitrificación adicional (4) y la torre de desgasificación al vacío (7) para una mezcla de lodo activo y aguas residuales que se está tratando, se tiene un volumen de eliminación más profunda de nitrato (5), en comunicación con una fuente externa de carbono inmediatamente disponible.
6. La planta según la reivindicación 4, **caracterizada porque** corriente abajo del volumen de nitrificación (3), y corriente arriba de la torre de desgasificación al vacío (7) para la mezcla de lodo activo y agua residual que se está purificando, se tiene un volumen de eliminación más profunda de nitratos (5), en comunicación con una fuente externa de carbono inmediatamente disponible.

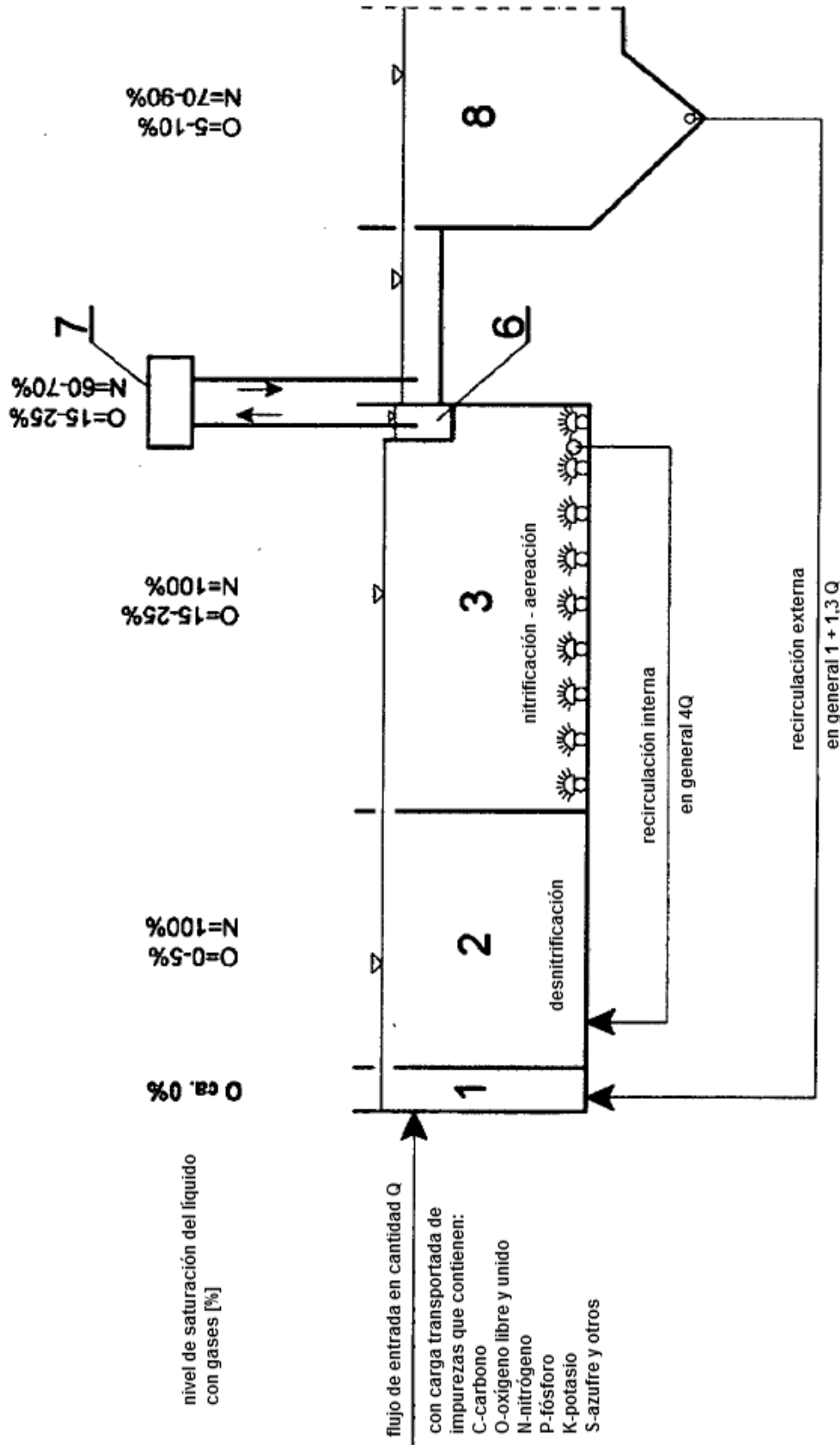


Fig. 1

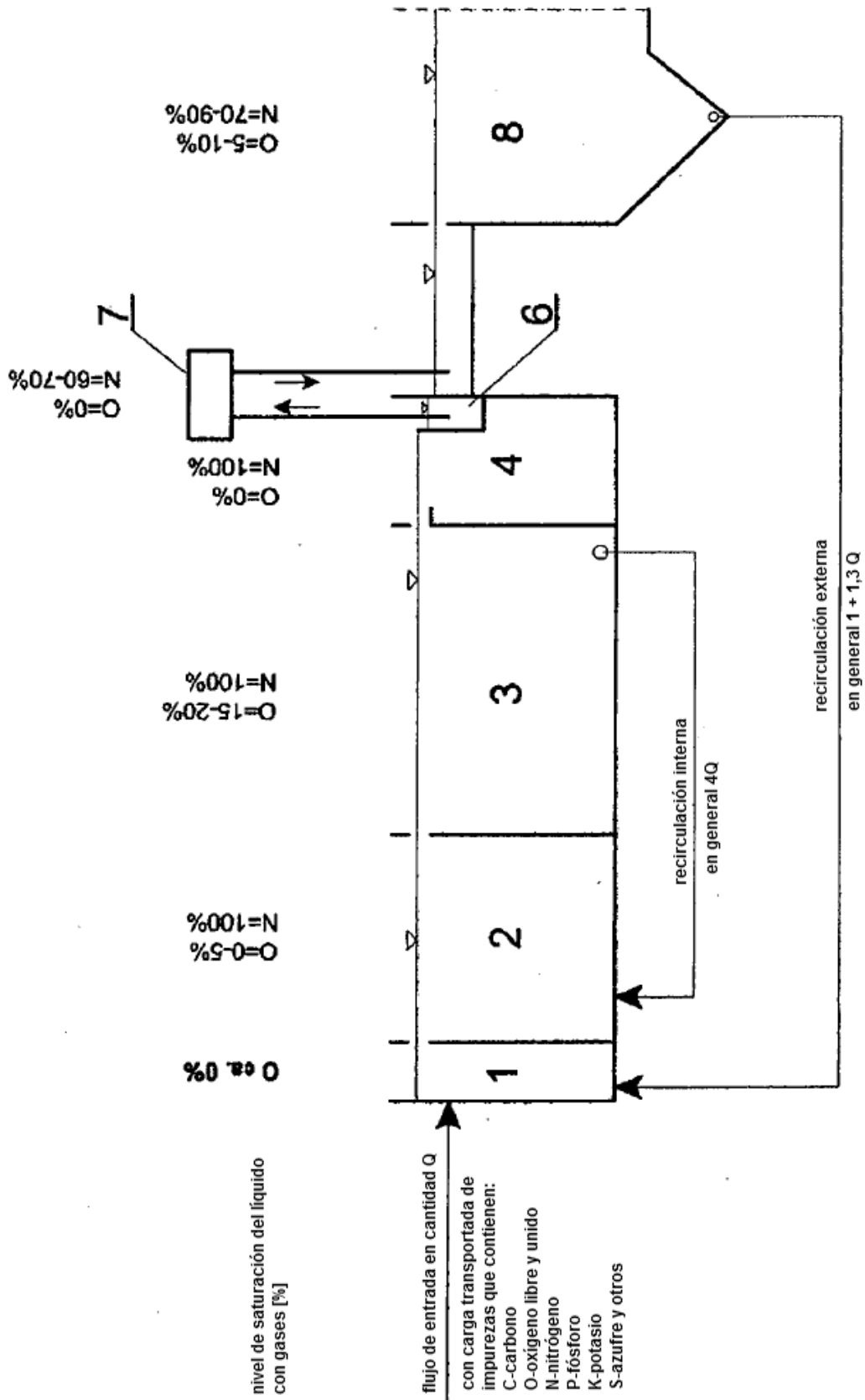


Fig. 2



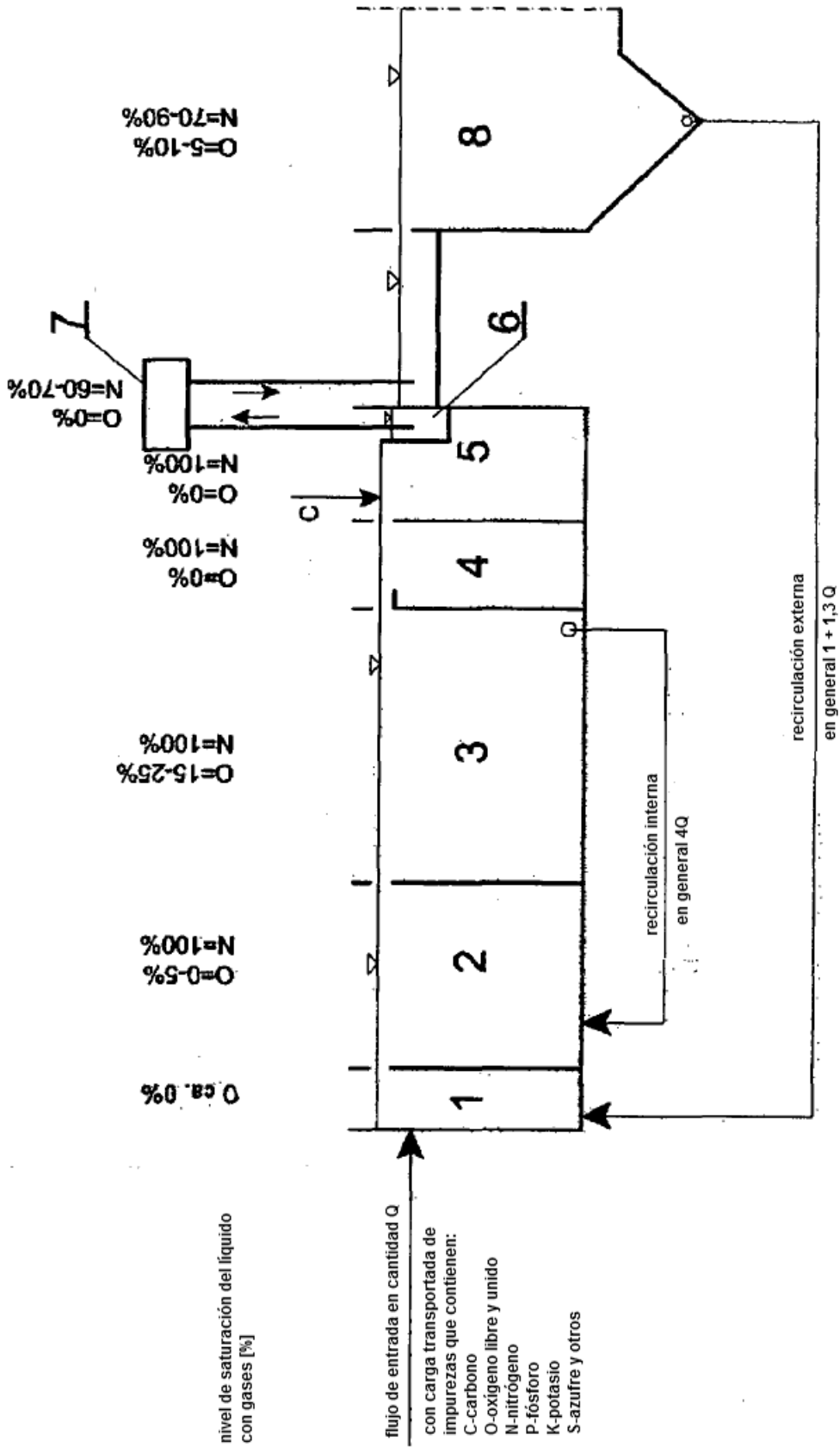


Fig. 3

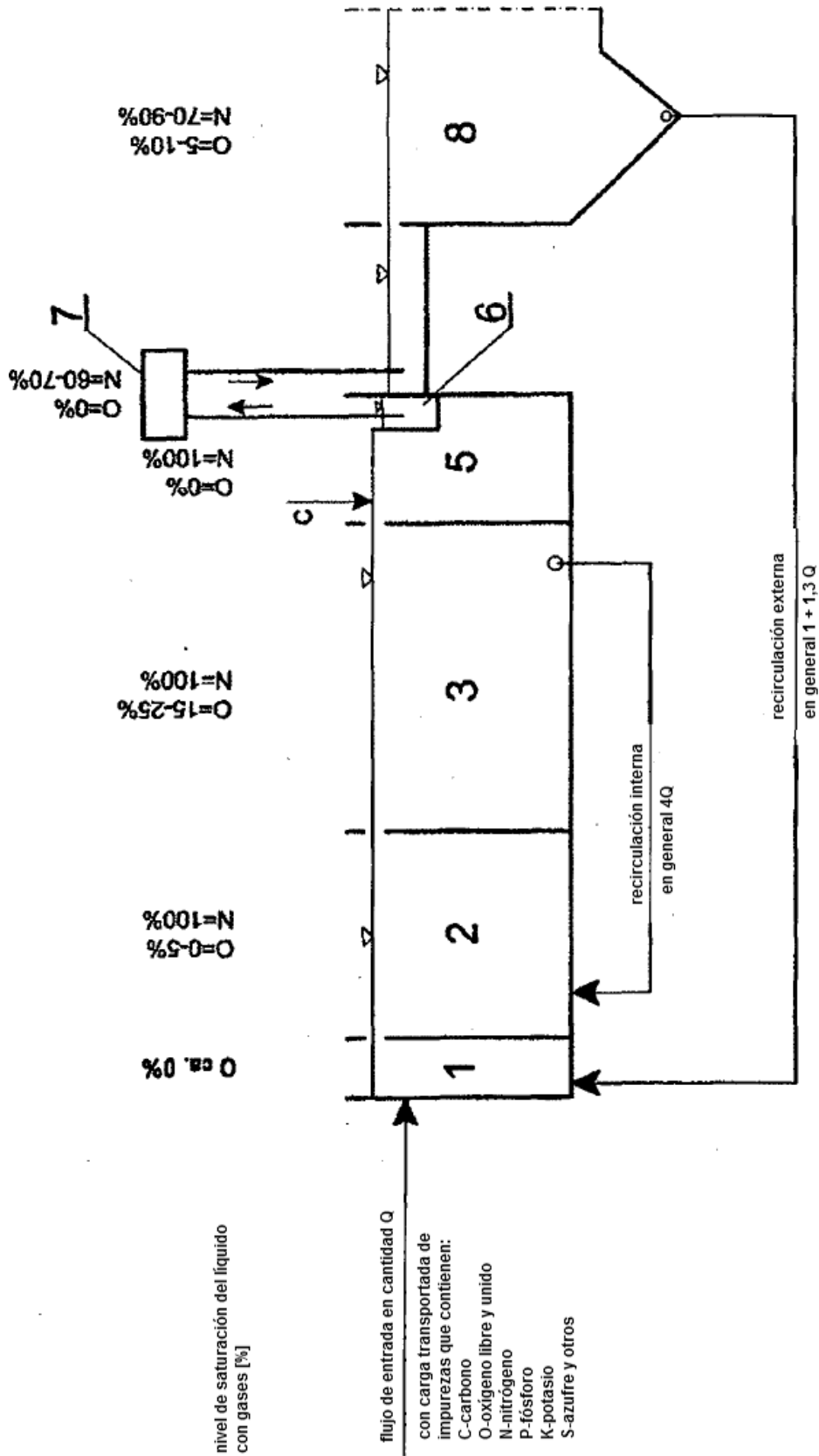


Fig. 4